

Técnicas de Suavização de Imagens e Eliminação de Ruídos

Carlos H. Sanches¹, Paulo J. Fontoura¹, Phillypi F. Viera¹, Marcos A. Batista¹

¹Instituto de Biotecnologia – Universidade Federal do Goiás Regional Catalão (UFG)
Catalão – GO – Brasil

carlossanhces, paulojunior.fontoura, fernadesphillypi323: @gmail.com

Abstract. *This article is intended to display picture smoothing techniques. The goal is to demonstrate the operation of these techniques and how they were developed. Four ways of smoothing are presented, namely: Median filter, Kuwarama filter, Average filter and Gaussian filter, all are constituted as different forms of image smoothing. For comparison are adopted theoretical knowledge about the filters obtained through research.*

Resumo. *Este artigo tem a finalidade de apresentar técnicas de suavização de imagens. O objetivo é demonstrar o funcionamento destas técnicas e como foram desenvolvidas. São apresentadas quatro formas de suavização, quais sejam: filtro de Mediana, filtro de Kuwarama, filtro de Média e filtro Gaussiano, todas se constituem como diferentes formas de suavização de imagem. Para a comparação são adotados conhecimentos teóricos sobre os filtros obtidos por meio de pesquisas.*

1. Introdução

Na atualidade, sabe-se a importância das imagens no cotidiano, pois elas fazem parte da vida dos seres vivos e estão presentes em todos os lugares, por meio de propagandas, informativos, livros, revistas, etc., constituindo-se como uma das fontes principais de informação usadas pela humanidade. O grande uso de imagens está relacionado à quantidade de informação que uma única imagem pode trazer, fazendo com que a pessoa que está a sua frente crie uma interpretação própria sobre a mesma. Então, pode-se dizer que as imagens estão na sociedade tanto por uma questão de entretenimento quanto por uma questão profissional.

Devido à grande importância das imagens existe a necessidade de sempre manter a boa qualidade das mesmas. O que é complexo, porém, possível para os seres humanos. Diferentes técnicas foram e vêm sendo criadas para garantir a qualidade das imagens. Essas técnicas são desenvolvidas por meio do processamento digital de imagens, que procura garantir uma melhora significativa em sua qualidade. Um dos principais problemas de uma imagem são os ruídos. Existem vários tipos de ruídos que são causados por diferentes formas, entre eles, destaca-se Salt and Pepper Noise e Gaussian Noise.

Para combater tais ruídos foram criadas técnicas de suavização. Algumas delas são comparadas e analisadas no decorrer deste trabalho, ressaltando-se alguns dos seus pontos positivos e negativos. Uma das funcionalidades dos filtros é reduzir o ruído e preparar as imagens para processamento, tal como a segmentação. Há, entre os filtros

abordados, dois Não-Lineares: de Kuwahara, Mediana e de Média, que não são passíveis de análise no domínio de Fourier, e são baseados em operações sobre os quadros de pixel vizinhos e um filtro lineares: o Gaussiano, que é um filtro de passa baixa, onde permite uma passagem de frequência abaixo da sua frequência de corte.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Filtros

Um filtro procura fazer a varredura e a extração das informações que, extraídas, servem para analisar uma imagem, possibilitando a correção de imperfeições na mesma e a criação de ruídos ou borrões no momento de transmissão. Filtros estão divididos em duas formas: filtros no domínio da frequência e filtros no domínio do espaço. [Carvalho 2003]

Um filtro de domínio do espaço faz a filtragem no espaço, sendo esta considerada uma operação local devido à forma como acontece a filtragem e também ao nível de cinza existente em um determinado ponto, dependendo do ponto original e dos seus vizinhos. O filtro funciona usando uma máscara de deslocamento que é composta por matrizes nas quais cada posição possui uma determinada associação a uma posição. O primeiro passo é feita uma máscara convolução que funciona como uma forma de se captar a informação da imagem. Ela é posicionada em cima do pixel em que se deseja fazer a operação de suavização. Então, a máscara faz o cálculo de acordo com os vizinhos do pixel escolhido e isto é feito com todos os pixels até se obter uma nova imagem, sendo o cálculo feito com o pixel escolhido no momento com os seus vizinhos, porém, esse cálculo é feito para alterar um único pixel equivalente ao pixel central no momento para o mesmo pixel na imagem com os resultados da filtragem.

De acordo com [Müller e Daronco 2000], máscara de convolução é o processo de calcular a intensidade de um determinado pixel em função da intensidade de seus vizinhos. Esse procedimento está descrito na figura 1.

$$\sum_{j=-N} \sum_{i=-M} h(i, j) \cdot f(x-i, y-j)$$

Figure 1. Equação convolução

A equação é feita através de uma ponderação, em que se utilizam pesos diferentes para pixels vizinhos diferentes. A matriz de pesos é chamada de núcleo da convolução. Para obter o novo valor do pixel, multiplica-se o núcleo pelo valor da imagem original em torno do pixel, elemento a elemento, e soma-se o produto, obtendo-se o valor do pixel na nova imagem.

2.2. Filtros de suavização e Ruídos

Os filtros de suavização podem ser classificados em dois grupos Lineares e Não-Lineares.

1) Filtros Lineares: filtros lineares são aplicados a uma operação linear e são passíveis de análise no domínio de Fourier ou a um domínio de frequência. Eles são utilizados em diversas áreas, não somente no processamento de imagem digital. Sua finalidade é eliminar frequências ou ruídos indesejáveis.

Os filtros de suavização Lineares podem ser classificados como filtros de passa-baixa, passa-alta, passa-banda. Um filtro de suavização tem a finalidade de criar um efeito desfocado na imagem. Com esse processo se consegue reduzir a diferença entre certo pixel e seus vizinhos. Usados em uma etapa de pré-processamento os filtros de suavização, segundo [Gonzales e Woods 2002], são utilizados tanto para a retirada de pequenos detalhes de uma imagem antes da extração de objetos maiores, como para fazer a conexão de pequenas descontinuidades, em linhas ou curvas. Após o uso de um filtro de suavização o resultado obtido no pixel que foi processado é a média entre ele e seus vizinhos, reduzindo assim os ruídos, porém, com o risco de afetar a imagem de forma se altere muito a imagem real.

2) Filtros Não-Lineares: diferentemente dos filtros lineares eles não possuem um operação linear e também não são passíveis da análise do domínio de Fourier domínio de frequência. Esses tipos de filtros realçam ou minimizam ruídos por meio de variância. Essa média irá variar de acordo com cada filtro e a forma como são implementados.

3) Ruídos: ruídos são informações indesejáveis em uma imagem, que podem ser causados pela variação de brilho ou por falsas informações dentro das imagens. Conforme apresentado em [Seara 1998], toda aquisição de imagens é propícia a algum tipo de ruído. Sabe-se que ruídos sempre aconteceram no ambiente digital. Ruídos são algo inevitável e não há uma forma de prevê-lós. Nas imagens existem dois tipos de ruídos específicos: Gaussian Noise (Ruído Gaussiano) e Salt and Pepper Noise (Ruído de Sal e Pimenta): Gaussian Noise ou (Ruído Gaussiano) é um ruído que apresenta uma distribuição de Gaus. Ruído Gaussiano é um ruído estatístico que tem uma função de densidade e de probabilidade, formado pela má iluminação, por altas temperaturas ou problemas na transmissão da imagem, deixando-a até mesmo extremamente danificada [Klein e Gal-lager 2001]. O ruído Salt and Pepper Noise ocorre a partir de erros na transmissão de dados. Com a transmissão da imagem, algum pixel pode se corromper, alterando os tons de cinza de cada pixel vizinho, conforme [Ribeiro 2006].

2.3. Filtros explorados

1) Filtro de Kuwahara: é um filtro não linear e de suavização capaz de agir sobre as imagens, sem comprometer sua nitidez e as posições das bordas. Graças a isso, é conhecido por ser um tradicional filtro de preservação de bordas de desfoque. Trabalha dividindo uma janela em quatro sub-janelas que se sobrepõem. Em cada sub-janela são calculadas uma média e um variância. O valor de saída é definido como a média da sub-janela com a menor variação e esse valor será atribuído ao pixel central de cada região analisada pelo algoritmo. De acordo com [Young et.al 1998], o filtro de Kuwahara pode ser implementado por uma grande variedade de formas em relação à divisão de suas janelas, Uma das formas que se pode demonstrar o algoritmo é descrita por uma janela de ordem quadrática de tamanho $J = K = 4L + 1$, onde L é um número inteiro, J, número

de linhas, e K, número de colunas. A janela é dividida em quatro regiões, como mostrado na figura 2.

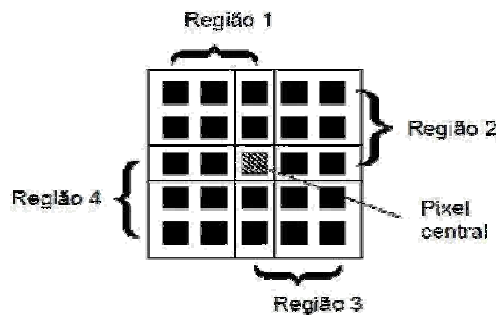


Figure 2. Representação: forma de funcionamento do kuwaraha.

2) Filtro de Mediana: de acordo com [Jain et.al 1995], é o mais eficiente para eliminar ruídos do tipo Sal e Pimenta e ruídos impulsivos, retendo os detalhes da imagem porque eles não dependem dos valores que são significativamente diferentes dos valores típicos em uma vizinhança. O cálculo do filtro de Mediana é feito selecionando um determinado pixel, que será o pixel do cálculo no momento. Lembrando que a Mediana é o valor do pixel selecionado de um conjunto qualquer, que é composto por ele e seus vizinhos, organizados em ordem de grandeza quando a cardinalidade é ímpar. No caso da cardinalidade ser par, a Mediana é o valor da média dos dois valores centrais. Na figura 3 é apresentado um exemplo com um conjunto de pixel de cardinalidade ímpar.

123	125	126	130	140
122	124	126	127	135
118	120	150	125	134
119	115	119	123	133
111	116	110	120	130

Figure 3. Exemplo: Vizinhança Mediana.

Após o valor da mediana ser encontrado, o mesmo é atribuído ao equivalente pixel escolhido na imagem, resultando na suavização. Por exemplo, em uma vizinhança de matriz 3x3, o quinto maior valor será considerado a mediana e assim por diante, de acordo com o tamanho da vizinhança desejada (Figura 4).

Vizinhança Mediana

Valores dos vizinhos:

115,119,120,123,124

125,126,127,150

Valor de Mediana:124

Figure 4. Valores da vizinhança.

O filtro trabalha em nível de cinza, mantendo, de certa forma, o formato original das imagens e eliminando ruídos sem muita perda de nitidez.

3) Filtro de Média: é um filtro simples, intuitivo e fácil de ser desenvolvido, porém, eficiente para o propósito de filtrar imagens, pois ele reduz a quantidade de variação de intensidade entre um pixel e seus vizinhos, eliminando ruídos. A ideia é simplesmente substituir cada valor de pixel em uma imagem com o valor médio de seus vizinhos, incluindo ele mesmo, o que produz o efeito de eliminar os valores de pixels que são representativos de seus arredores. O filtro de Média é um filtro Não-Linear, sendo assim é baseado em torno de uma janela, que apresenta a quantidade de pixel para ser calculada a média. Observe-se uma janela 3x3, como mostrado na figura 5.

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

Figure 5. Cálculo da média do filtro de Média.

A média será calculada a partir da soma de todos elementos e divisão pela quantidade total deles. Assim, obtêm-se o valor médio da intensidade de pixel de cada janela.

4) Filtro Gaussiano: apresenta diferentes particularidades que o tornam útil em diferentes áreas de processamento de imagens. Algumas dessas diferentes utilidades foram descritas por [Faria 2005] em sua dissertação de mestrado. O filtro Gaussiano geralmente é usado como um filtro de passa-baixa por deixar passar as baixas frequências, mas elimina os valores relacionados às altas frequências apresentadas em [Pedrini 2004]. O filtro Gaussiano tem esse nome por usar a função Gaussiana para obter os valores da máscara. Esta função é representada na figura 6.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Figure 6. Equação do filtro Gaussiano em 2-D.

Nesta equação, σ é o desvio padrão, e quanto maior seu valor, maior a largura do filtro Gaussiano e maior o grau de sua suavização. A figura 7 mostra a máscara típica para implementar o filtro Gaussiano, resultante de um $\sigma = 1$.

	1	4	7	4	1
	4	16	26	16	4
$\frac{1}{273}$	7	26	41	26	7
	4	16	26	16	4
	1	4	7	4	1

Figure 7. Máscara 5x5 com desvio padrão 1.

O filtro Gaussiano em duas dimensões tem o grau de suavização igual em ambas as direções, pois funções Gaussianas são simétricas em relação à rotação. Neste filtro, assim como em outros, a suavização da imagem é realizada através da substituição de cada pixel pela média ponderada dos pixels vizinhos. Porém, o filtro Gaussiano funciona de forma que o peso dado a um vizinho decresce monotonamente com a distância do pixel central. O grau de suavização está relacionado ao tamanho da máscara, pois, quanto maior a sua largura, maior o grau de suavização que será aplicado pelo filtro Gaussiano. O custo computacional requerido por um filtro Gaussiano é relativo ao tamanho da máscara

3. Resultados

A proposta do trabalho está centrada em analisar as técnicas que implementam filtros de suavização e utiliza-las. Desse modo, analisa-se o uso dos quatro filtros: de Mediana, de Média, Gaussiano e de Kuwahara. Será realizada uma comparação entre os resultados obtidos, de modo que se compreenda sobre suavização e a forma como os filtros funcionam, tendo em vista que o trabalho mostra técnicas de suavizações diferentes, mas com o mesmo objetivo.

Os Resultados obtidos com as suavizações são apresentados, nesta seção, como forma de demonstrar o efeito de cada uma das técnicas. Propõe-se uma conclusão relatando as diferenças entre os resultados das técnicas. Tais resultados serão apresentados em forma de imagens que passaram pelo processo de cada algoritmo dos filtros apresentados neste trabalho.

Na figura 8a é mostrada uma imagem com ruído de Sal e Pimenta e podem ser observadas bem nítidas suas deficiências. A figura 8b traz o resultado da aplicação do filtro de Mediana, em que a imagem parece quase a mesma, respeitando-se os traços da imagem original sem os ruídos. Os resultados do filtro de Kuwahara são apresentados na Figura 8c, que mostra a aplicação do algoritmo sobre a imagem original da figura 8a. A figura 8d exemplifica a aplicação do filtro Gaussiano e a 8e a imagem após a aplicação do filtro de Média.

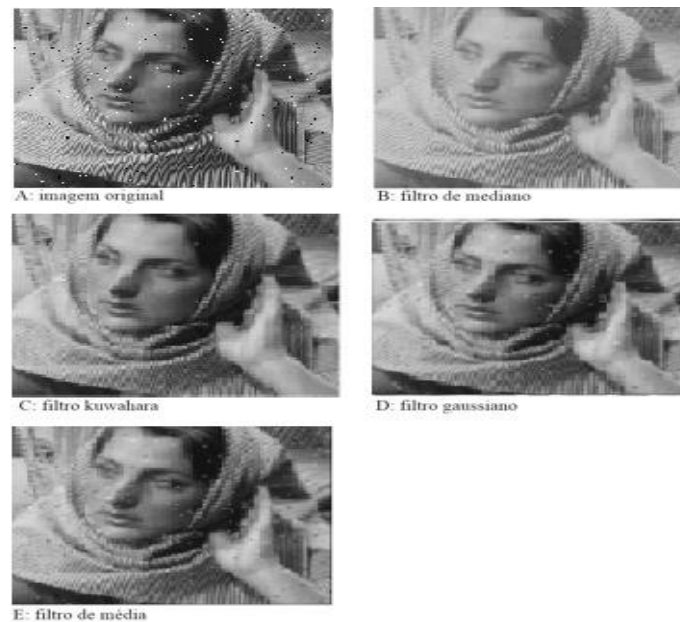


Figure 8. Imagem original e as aplicação dos filtros.

Na figura 9a, é demonstrada uma nova imagem em que serão aplicados os filtros. Na figura 9b aparece o efeito após aplicação do filtro de Mediana. A figura 9c mostra os resultados, após aplicação do filtro de Kuwahara. Já figura 9d apresenta os resultados após aplicação do filtro de Gaussiano, e na figura 9e, o filtro de Média. Após analisar as imagens com ruído de Sal e Pimenta, será apresentada uma nova imagem com um ruído Gaussiano e será exibida a mesma imagem após aplicação dos filtros.

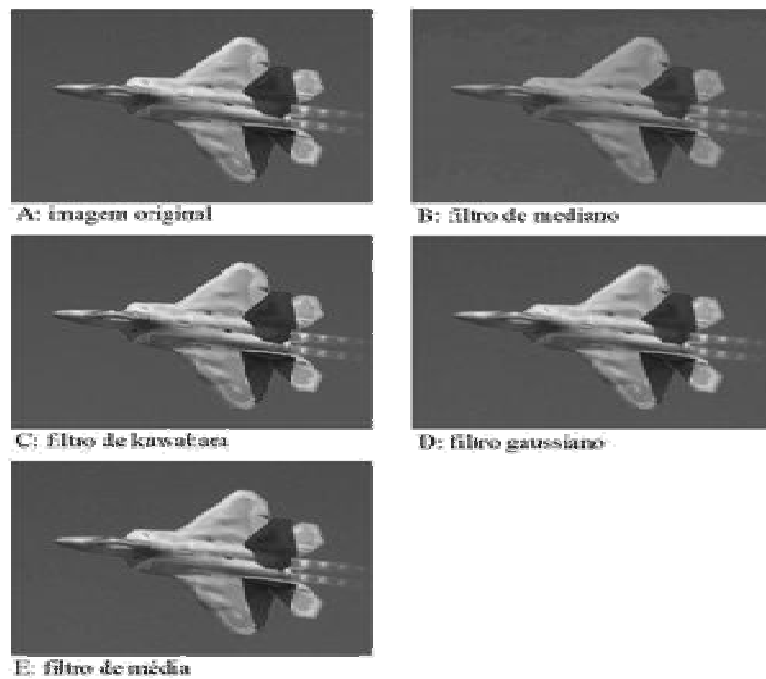


Figure 9. Imagem original e as aplicação dos filtros.

Na figura 10a, mostra uma nova imagem com ruído e a aplicação do filtro de Mediana é demonstrada na figura 10b. A figura 10c apresenta a aplicação do filtro de Kuwahara. Na figura 10d, apresenta implementação do filtro Gaussiano. Na figura 10e implementação do filtro de média.

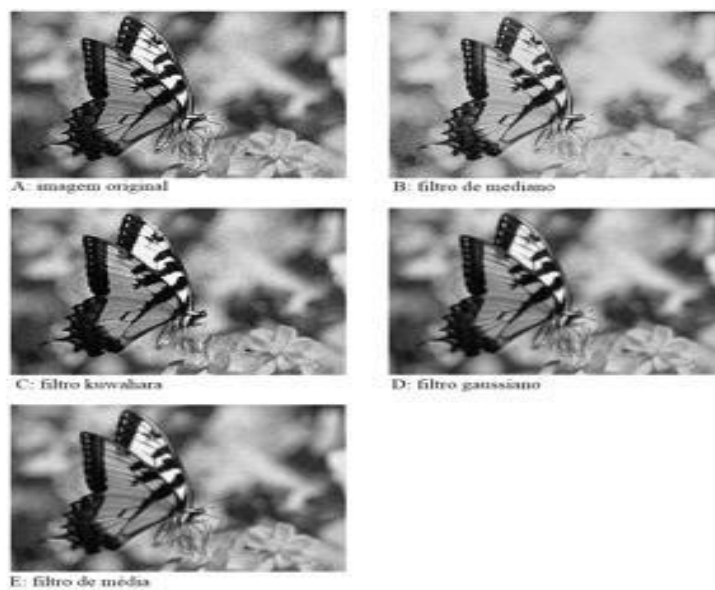


Figure 10. Imagem original e as aplicação dos filtros.

4. Conclusões

Pode-se concluir que as técnicas de suavização apresentadas, são técnicas eficientes e tradicionais no cenário do processamento digital e produziram um resultado satisfatório. Elas funcionaram de acordo com o proposto no trabalho e foi desenvolvida uma conclusão como forma de apresentar os resultados obtidos.

Em relação aos resultados obtidos pelo uso dos filtros, o ruído de Sal e Pimenta apresentado em duas imagens foi melhor eliminado pelo filtro de Kuwahara, pois este preserva bem as bordas e mantém aspectos importantes das imagens originais. Já o filtro de Mediana consegue eliminar bem o ruído, mas não preserva bem a tonalidade dos pixels, o filtro de Média elimina poucos ruídos e deixa a imagem muito embaçada e o filtro Gaussiano, por sua vez, não elimina ruídos de Sal e Pimenta. No ruído Gaussiano, o filtro de Kuwahara foi o que obteve melhor resultado. O filtro de Mediana não foi muito eficiente, pois deixou mais clara a imagem, porém, eliminou bastante ruído, já filtro Gaussiano eliminou bastante, mas não manteve a preservação das bordas, deixando muito desfocada a imagem.

O filtro de Média não foi muito eficiente na eliminação de ruídos e também não manteve aspectos originais da imagem. Como conclusão, o filtro de Kuwahara apresentou bons resultados se comparado aos demais na eliminação dos dois tipos distintos de ruídos, em outras palavras, o algoritmo do filtro de Kuwahara foi melhor qualificado entre os demais filtros apresentados nesse trabalho, provavelmente pela forma como divide a imagem em regiões e utiliza a menor variância, o que mantém os aspectos originais da imagem, preserva bem as bordas, não apresentando muitas distorções.

5. Referências

- CARVALHO, A. A. de.(2003). Estudo e implementação de algoritmos clássicos para processamento digital de imagens. Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras.
- FARIA, D. R.(2005). Reconhecimento de impressões digitais com baixo custo computacional para um sistema de controle de acesso. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná.
- GONZALES, R. e WOODS, R.(2002). Digital Image Processing. Prentice Hall, 2nd Edition.
- JAIN, R., KASTURI, R. e SCHUNCK, G. B. (1995). Machine Vision. McGraw-Hill, first Edition.
- MULLER, D. N. e DARONCO, E. L.(2000). Filtros espaciais passa-baixa. Disponível em <http://www.inf.ufrgs.br/danielnm/docs/FiltrosEspaciaisPassaBaixa.pdf> . Acesso em : 20/05/2014.
- KLEIN, T. E. e GALLAGER, R. G.(2001). Power control for the additive white Gaussian noise channel under channel estimation errors. IEEE International Symposium. 14nd Edition.

- PEDRINI, H.(2004). Apostila de Processamento de Imagens. Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações. Departamento de Informática-UFPR.
- RIBEIRO, B.(2006). Suavização de Imagens. Disponível em: www.ic.uff.br/aconci/suavizacao.pdf. Acesso em: 26/05/2014
- YOUNG, I. T., GERBRANDS, e J VAN VLIET, L. J.(1998). Fundamentals of image processing Delft University of Technology Delft, The Netherlands. Disponível em: <http://tnw.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/TNW/doc/FIP 2.2.pdf>. Acesso: 20/05/2014.
- SEARA, D. M.(1998). Visão Geral de Detecção de Bordas. Disponível em: www.inf.ufsc.br/visao/bordas.html. Acesso em: 20/05/2014.